

\*\*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-305763/200027

XRAM Acc No: C00-092998

XRPX Acc No: N00-228616

**Laser bonding of plastic workpieces comprises using structured laser opaque mask between moving linear laser beam source and workpieces**

Patent Assignee: LEISTER PROCESS TECHNOLOGIES (LEIS-N)

Inventor: CHEN J

Number of Countries: 031 Number of Patents: 013

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
EP 997261	A1	20000503	EP 99101816	A	19990128	200027	B
EP 997261	B1	20000510	EP 99101816	A	19990128	200027	
DE 59900005	G	20000615	DE 500005	A	19990128	200036	
			EP 99101816	A	19990128		
JP 2000218698	A	20000808	JP 200010489	A	20000119	200043	
ES 2149637	T3	20001101	EP 99101816	A	19990128	200062	
CN 1266776	A	20000920	CN 2000101924	A	20000128	200063	
EP 997261	B9	20010411	EP 99101816	A	19990128	200121	
KR 2000052487	A	20000825	KR 9958099	A	19991216	200121	
SG 82056	A1	20010724	SG 996446	A	19991220	200151	
TW 426572	A	20010321	TW 99121288	A	19991206	200151	
JP 3303259	B2	20020715	JP 200010489	A	20000119	200253	
US 6465757	B1	20021015	US 2000488819	A	20000120	200271	
KR 348169	B	20020809	KR 9958099	A	19991216	200311	

Priority Applications (No Type Date): EP 99101816 A 19990128

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 997261 A1 G 15 B29C-065/16

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT

<http://www.dialogclassic.com/129057RB.HTML?>

9/22/2003

2  
3  
4

LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI  
 EP 997261 B1 G B29C-065/16  
 Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FI FR GB IT LI NL SE  
 DE 59900005 G B29C-065/16 Based on patent EP 997261  
 JP 2000218698 A 8 B29C-065/16  
 ES 2149637 T3 B29C-065/16 Based on patent EP 997261  
 CN 1266776 A B29C-065/16  
 EP 997261 B9 G B29C-065/16  
 Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FI FR GB IT LI NL SE  
 KR 2000052487 A B29C-065/16  
 SG 82056 A1 B29C-065/16  
 TW 426572 A B23K-026/00  
 JP 3303259 B2 8 B29C-065/16 Previous Publ. patent JP 2000218698  
 US 6465757 B1 B23K-026/00  
 KR 348169 B B29C-065/16 Previous Publ. patent KR 2000052487

Abstract (Basic): EP 997261 A1

NOVELTY - Laser bonding of plastic workpieces (4, 5) to one another or to other materials, using a structured laser opaque mask (3) between a moving linear laser beam source (1) and the workpieces (4, 5), is new.

DETAILED DESCRIPTION - Plastic workpieces (4, 5) are laser bonded to one another or to other materials by (a) positioning a laser opaque workpiece (5) below a laser transparent workpiece (4) facing the laser source (1); (b) positioning a laser opaque mask (3), having structures (9) larger than the laser beam wavelength, between the laser source (1) and the workpieces (4, 5) for bonding the workpieces in a certain joint region (6) of the workpiece contact faces (7); (c) directing the laser source (1) at the contact faces (7) to form a line (8); and (d) moving the laser beam (2) and the mask (3) relative to the workpieces or the laser beam (2) relative to the mask (3) and the workpieces (4, 5). An INDEPENDENT CLAIM is also included for an apparatus for carrying out the above process, comprising a laser source (1) and a mask (3) of laser opaque material between the workpieces (4, 5) and a mechanism (21, 22) for continuous relative motion between the laser beam (2) and the workpieces (4, 5).

Preferred Features: The laser beam (2) is directed perpendicularly onto the joint region (6) and pressure is applied to the workpieces (4, 5) during bonding. One of the workpieces may have a projection adjacent the joint region so that, during compression of the workpieces, a cavity is created between the contact faces. The laser source (1) and the workpieces (4, 5) are moved relative to one another at a high speed dependent on the maximum laser power necessary for achieving the requisite melting temperature, the relative motion optionally being produced by swiveling or rotating a mirror about an axis parallel to the contact faces (7). The laser beam (2) is produced by a semiconductor laser and produces a focal line of constant width and of length determined by the distance of the laser source from the contact faces (7) and corresponding matching of the laser power to the requisite melting temperature.

USE - Especially for laser welding of plastic sheets, films and injection mouldings together or to other materials or for fine structuring e.g. for elements in micro-engineering and micro-systems.

ADVANTAGE - The process allows rapid production of high quality joints or precision flat bonding of desired zones of finely structured workpieces without degradation of the structuring and facilitates single-stage production of linear joint contours of any shape.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic view of an arrangement for welding plastic sheets by the process of the invention.



Laser source (1)  
Laser beam (2)  
Mask (3)  
Plastic sheets (4, 5)  
Joint region (6)  
Contact faces (7)  
Laser line (8)  
Mask opening (9)  
pp; 15 DwgNo 1/6





Office européen des brevets



(11)

**EP 0 997 261 A1**

(12)

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B29C 65/16**, B29C 65/14,  
B23K 26/06

(21) Anmeldenummer: 99101816.9

(22) Anmeldetag: 28.01.1999

(72) Erfinder: **Chen, Jie-Wei**  
**6055 Alpnach Dorf (CH)**

**(74) Vertreter: Klocke, Peter, Dipl.-Ing.  
Klocke & Späth  
Patentanwälte,  
Kappelstrasse 8  
72160 Horb (DE)**

(54) **Laserfügeverfahren und Vorrichtung zum Verbinden von verschiedenen Werkstücken aus Kunststoff oder Kunststoff mit anderen Materialien**

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Laserfügen von Kunststoffen oder Kunststoffen mit anderen Materialien, die durch Andrücken in Kontakt miteinander gebracht werden, wobei das der Strahlenquelle nächstliegende Werkstück für die Strahlen weitgehend transparent und das zweite Werkstück möglichst absorbierend ist. Durch Erzeugung einer linienförmig geformten Laserstrahl auf der Kontaktfläche zwischen den Werkstücken und einer

Relativbewegung des Laserstrahls zu den Werkstücken, die entsprechend der gewünschten Fügenahtstruktur ausgebildet ist, werden die Werkstücke präzise nur in den gewünschten Fugebereichen miteinander verbunden. Dies ermöglicht eine hochpräzise Verbindung bei kleinsten Fügenahtabständen, so daß u.a. auch Teile für die Mikrosystemtechnik mit kurzer Taktzeit hergestellt werden können.

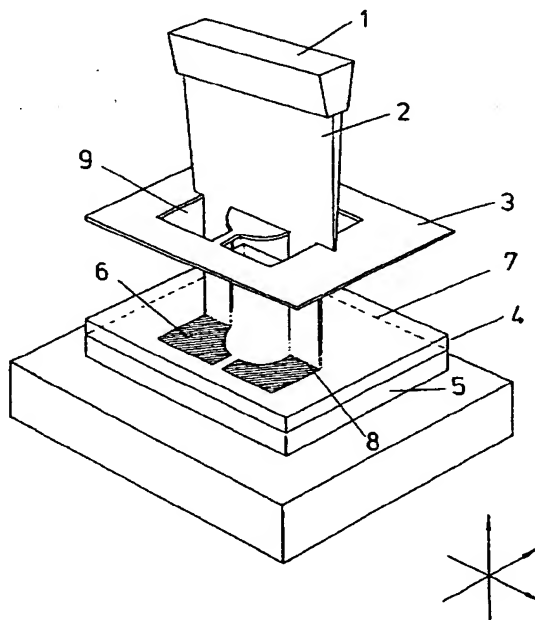


Fig. 1

## B Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Laserfügeverfahren zum Verbinden von verschiedenen Werkstücken aus Kunststoff oder Kunststoff mit anderen Materialien, wobei das obere, der Laserquelle zugewandte Werkstück aus einem für den Laserstrahl transparenten Material und das zweite Werkstück aus einem für den Laserstrahl absorbierenden Material besteht, so daß die aneinander angrenzenden Kontaktflächen der beiden Werkstücke aufschmelzen und bei der anschließenden Abkühlung unter Druck sich miteinander verbinden. Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Dieses Verfahren ist grundsätzlich für Werkstücke aus Kunststoff aus der US-A-4 636 609 bekannt. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl weiterer Schutzrechte, in denen verschiedene Anwendungsfälle dieses Verfahrens sowie Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens bei der Verbindung besonders ausgestalteter Werkstücke beschrieben sind. Beispielhaft wird hier die Schrift WO 95/26869 sowie die im zugehörigen Recherchenbericht zitierten Druckschriften genannt.

[0003] Bei diesen bekannten Verfahren werden Kunststoffplatten, -folien und Spritzgußteile durch scharf gebündelte Laserstrahlen verschweisst, wobei ein punktförmig fokussierter Laserstrahl zum Verschweißen bzw. Verschmelzen der Kunststoffmaterialien verwendet wird. Der Verlauf der Schweissnaht ist durch eine programmierbare Strahlführung der Laserstrahlen oder die Bewegung der Werkstücke realisiert. Zum Verbinden von Flächen oder von feinstrukturierten Gegenständen, wie sie im Rahmen der Mikromechanik oder Mikrosystemtechnik benötigt werden, wobei nur die erwünschte Zone verbunden werden soll, liegt bis jetzt kein effektives und wirkungsvolles Verfahren vor. Eine mögliche Alternative zu diesem technischen Wunsch wäre ein solches Verfahren, bei dem die gesamte Fläche durch zweidimensionales Rastern (scanning) eines punktförmigen Laserstrahls zur Verbindung gebracht wird. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß die Prozeßdauer durch das feine Rastern erheblich erhöht wird. Ein weiteres Problem liegt noch in der Qualität der Fügenaht, die sowohl vom Rasterabstand als auch von der Rastergeschwindigkeit des Laserpunktes und Regelverhalten der Laserleistung beeinflusst wird. Eine hochwertige Verbindung benötigt deshalb einen dichten Rasterabstand und eine niedrige Rastergeschwindigkeit wegen der dynamischen Eigenschaft des Bewegungssystems. Bei hohen Bewegungsgeschwindigkeiten kann die Fügenaht sehr problematisch sein. Insbesondere beim Wendepunkt, wo sich die Grenzlinie zwischen der verbundenen und der unverbundenen Fläche befindet, kann es häufig zu einem unbefriedigenden Fügeergebnis führen. Ein weiterer Nachteil bei einem flächigen Verbinden mit einem punktförmigen fokussierten Laserstrahl ist die Verteilung der Strahlenintensität, da die Gauß'sche Verteilung der Intensität eine ungleich-

mäßige Aufschmelze verursacht.

[0004] Aus der US-A-4 069 080 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, bei dem unter Verwendung eines CO<sub>2</sub>-Lasers und entsprechenden optischen Einrichtungen eine Laserlinie auf einem Kunststoff fokussiert und damit durch Verschweißen zweier Folienhälften ein Beutel hergestellt wird.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit vorzuschlagen, um eine hochwertige flächige Verbindung von plan aufeinanderliegenden Körpern, wobei mindestens ein Körper aus Kunststoff besteht, mit einer wohl definierten Fügezone vorzuschlagen.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den Unteransprüchen zu entnehmen. Die Aufgabe wird außerdem durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung sind den diesbezüglich rückbezogenen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0007] Die vorliegende Erfindung basiert auf dem Gedanken, daß zwischen der Laserquelle und den zu verbindenden Werkstücken zur Verbindung der Werkstücke in einem bestimmten Fügebereich der Kontaktfläche einer Maske aus einem laserstrahlundurchlässigen Material angeordnet wird, deren Strukturen größer sind als die verwendete Wellenlänge des Laserstrahls. Unter dem Begriff Verbindung wird im nachfolgenden Verschweissung, Verschmelzung, Kleben, Anhaften, Ansprengen oder dergleichen verstanden. Des weiteren wird die Laserquelle derart auf die Kontaktfläche eingestellt, daß an dieser eine Linie entsteht. Zusätzlich werden der Laserstrahl und die Werkstücke relativ zueinander bewegt. Grundsätzlich kann ein Nd:YAG-Laser, CO<sub>2</sub>-Laser oder ein Halbleiterlaser mit Laserstrahlen mit einer Wellenlänge von 0,7 - 10,6 µm verwendet werden, wobei durch entsprechende optische Maßnahmen sichergestellt werden muß, daß an der Kontaktfläche ein linienförmiger Laserstrahl vorhanden ist. Die Werkstücke werden durch den Eigendruck oder in bekannter Art und Weise mittels einer geeigneten Spannvorrichtung zusammengepreßt. Auf den Werkstücken wird eine Maske, beispielsweise in Form eines dünnen Metallbleches oder einer auf einen Träger aufgedampften Metallschicht, aufgelegt, die Aussparungen aufweist, durch die der Laserstrahl hindurchdringen kann und die den zu verbindenden Strukturen entsprechen. Dabei können die Strukturen unter einem Millimeter liegen. Solange die Dimensionen der feinen Struktur der Maske das 5 - 10fache der verwendeten Wellenlänge des Strahls betragen, wird kein das Bestrahlungsergebnis nachteilig beeinflussender Beugungseffekt entstehen. Die Laserstrahlung dringt im wesentlichen senkrecht oder in einem Winkel, der nur unwesentlichen Einfluß auf die Grenzlinie des Fügebereichs hat, durch die Öffnungen der Maske und das obere Werkstück bis zur Kontaktflä-



che zwischen den beiden Werkstücken. Die Strahlen, die auf die Maske auffallen, werden zurückreflektiert. Die dabei möglichen Fügenahtstrukturen werden hauptsächlich von der Maske und den thermischen Eigenschaften des Materials bestimmt. Durch die Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und der Werkstücke, die durch Bewegung der Laserquelle, der Werkstücke oder eine entsprechend gesteuerte Laserstrahl-Umlenkvorrichtung realisiert werden kann, werden die Öffnungen in der Maske kontinuierlich oder - im Falle von kleinen Fügebereichen bei gleicher Linienbreite mit dem Fügebereich - vollständig von dem Laserstrahl durchdrungen und eine entsprechend strukturierte Verbindung der Werkstücke an den gewünschten Fügezonen in der Kontaktfläche erreicht. Je nach Anordnung und Anwendungsbereich kann die Maske mit den Werkstücken relativ zu dem Laserstrahl oder die Werkstücke relativ zum Laserstrahl mit Maske bewegt werden.

**[0008]** Dieses Verfahren ermöglicht somit, Kunststoffplatten -spritzteile oder -folien miteinander oder mit anderen Materialien mit kurzer Taktzeit und einer hochwertigen Qualität zu verbinden oder Werkstücken, die fein strukturiert sind, ohne Verletzung der Strukturierung auf der erwünschten Zone präzise flächig zu verbinden. So können beispielsweise beliebig geformte linienförmige Konturen, die vorher bei der Verwendung eines punktförmigen Laserstrahls abgefahren werden mußten, durch die linienförmige Ausgestaltung des Laserstrahls einfach realisiert werden, in dem dieser einmal über die entsprechend ausgestaltete Maske geführt wird.

**[0009]** Vorzugsweise wird der Laserstrahl senkrecht zu dem Fügebereich der Kontaktfläche geführt, um eine möglichst genaue Abbildung insbesondere bei kleinen Strukturen zu erzielen und unnötige Schatteneffekte zu vermeiden.

**[0010]** Vorteilhafterweise werden die Werkstücke über den Eigendruck hinaus zusammengepreßt, damit sie gut aufeinander thermisch kontaktiert sind und während des Schmelzvorgangs durch die Laserbestrahlung wegen der Wärmeausdehnung des geschmolzenen Materials mit Fügedruck zusammengehalten werden.

**[0011]** Um durch zusätzliche Strukturierung die Ausbreitung der flüssigen Schmelze zu leiten oder zu stoppen kann, gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung, angrenzend an den Fügebereich an einem Werkstück in Richtung des anderen Werkstücks, ein Vorsprung angeordnet werden, so daß beim Zusammenpressen der beiden Werkstücke zwischen den zu fügenden Berührungsflächen der der Werkstücke und dem Vorsprung ein Hohlraum entsteht. Derartige Vorsprünge können auch wechselseitig an den Werkstücken vorgesehen werden. Sobald der Fügebereich von der Laserstrahlung bestrahlt wird, wird dann die flüssige Schmelze in diesen Hohlraum umgeleitet, da innerhalb dieses Hohlraumes der Druck viel niedriger ist, als in dem Kontaktflächenbereich, in dem sich die beiden Werkstücke unter Druck berühren. Dadurch kann eine unerwünschte Flußrichtung der Schmelze in Bereiche,

die frei bleiben sollen, verhindert werden. Dies ist insbesondere bei Mikroteilen von großem Vorteil. Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Relativgeschwindigkeit zwischen der Laserquelle und den Werkstücken in Abhängigkeit von der maximalen Laserleistung, die zur Erreichung der erforderlichen Schmelztemperatur notwendig ist, möglichst hoch gewählt. Dies bewirkt eine Optimierung mit dem Ziel, daß sich die Maskenstruktur scharf auf der gewünschten Fügezone abbildet, in dem die für den Schmelzvorgang notwendige Wärmeenergie nur kurzzeitig auf die Schmelzzone gebracht wird. Dadurch kühlt das geschmolzene Material nach der Laserbestrahlung sofort ab und verfestigt sich, bevor das angrenzende Material anfängt zu fließen.

**[0012]** Vorteilhafterweise wird die Linienbreite des Laserstrahls derart gewählt, daß sie der Breite des Fügebereichs entspricht. Dies kann in Abhängigkeit der Leistung der Laserquelle durch eine oder mehrere nebeneinander angeordnete Laserquellen realisiert werden. Mit steigender Leistungsfähigkeit der Laserquelle kann der auf einmal bestrahlte Fügebereich ebenfalls in der Fläche sich vergrößern. Dies bietet sich besonders bei kleinen Fügebereichen im  $\text{cm}^2$ -Bereich an. Als Laserquellen können auch hier  $\text{CO}_2$ -Laser oder Halbleiterlaser eingesetzt werden. Damit wird eine Erwärmung des gewünschten Fügebereichs auf einmal erreicht.

**[0013]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der linienförmige Laserstrahl durch mindestens einen Halbleiterlaser (Diodenlaser) erzeugt. Entsprechend der gewünschten Liniengänge kann ein Diodenlaser oder eine Reihe aus mehreren dieser nebeneinander angeordneten Diodenlaser verwendet werden. Dies ermöglicht gemäß einer weiteren Ausbildung des Verfahrens die Einstellung der Liniengänge durch den Abstand der Laserquelle von der Kontaktfläche bei entsprechender Anpassung der Laserleistung für die erforderliche Schmelztemperatur. Dazu wird der Laserstrahl in der einen Achse (schnelle Achse) kollimiert und in der anderen Achse (langsame Achse) Divergenz zugelassen. Außerdem kann die Linienbreite des Laserstrahls bei Abstandsänderung der Laserquelle von der Kontaktfläche im wesentlichen konstant gehalten werden. Durch entsprechende bekannte optische Anordnungen am Diodenlaser wird ein vom Diodenlaser ausgehender trapezförmiger Strahl mit im wesentlichen schmalen länglichen Querschnitt erzeugt, wodurch sich die gewünschte Linienbreite einstellen und durch Anpassung der Laserleistung bei jedem beliebigen Abstand der Laserquelle von der Kontaktfläche die erforderliche Energiedichte realisieren läßt.

**[0014]** Ein besonders wirtschaftliches Verfahren wird dadurch erzielt, daß die Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl und den Werkstücken durch einen um eine parallele Achse zu den Werkstücken schwenk- oder drehbaren Spiegel erzeugt wird. Dieser kann in aus der Optik bekannter Art und Weise schnell in seiner Bewegung gesteuert werden, so daß eine sehr geringe

Taktzeit realisiert werden kann.

**[0015]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung, die eine Durchführung des Verfahrens erlaubt, weist in einer bevorzugten Ausführungsform eine Laserquelle, beispielsweise einen Diodenlaser auf, die einen Laserstrahl mit einem länglichen Querschnitt als Laserlinie erzeugt und, gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform, einen um eine zur Kontaktfläche parallele Achse schwenk- oder drehbaren Spiegel, der über der Kontaktfläche angeordnet ist und den Laserstrahl von der Laserquelle auf die Kontaktfläche umlenkt und mittels eines Antriebs betätigbar ist, sowie eine Spannvorrichtung, zwischen der sich die zu verbindenden Werkstücke und die Maske befinden, wobei die der Laserquelle zugewandte Platte der Spannvorrichtung aus einem für den Laserstrahl transparenten Material besteht.

**[0016]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen näher erläutert. Es stellen dar:

- Figur 1 eine prinzipielle Anordnung zur Verschweißung von Kunststoffplatten mit mittels einer Maske vorbestimmten Fügebereichen;
- Figur 2 die Geometrie des Fügebereichs während des flächigen Schweißvorgangs;
- Figur 3 einen vergrößerten Ausschnitt von fein strukturierten Kunststoffplatten und die Erweiterung der Schmelze;
- Figur 4 eine prinzipielle Vorrichtung zur Verschweißung mit Maskentechnik;
- Figur 5 ein Ausführungsbeispiel zur Begrenzung der flüssigen Schmelze in unerwünschte Bereiche; und
- Figur 6 der prinzipielle Aufbau einer Vorrichtung mit einem schwenkbaren Spiegel über den Werkstücken.

**[0017]** Figur 1 zeigte eine Anordnung zum flächigen Verschweißen von Kunststoffplatten 4, 5, die nur in einem bestimmten Fügebereich 6 mittels eines Laserstrahls 2 und einer Maske 3 verschweisst werden sollen. Die Anordnung besteht aus einer Laserquelle 1, beispielsweise einem oder mehreren in Linie angeordneten Halbleiterlaser (Diodenlaser), deren emittierte Laserstrahlung direkt mit einer nicht dargestellten Mikrooptik kollimiert und auf eine Linie fokussiert ist. Die Laserquelle 1 wird so platziert, daß der Laserstrahl 2 als Strahlenvorhang senkrecht durch die Maske 3 in den Fügebereich 6 der Kontaktzone 7 zwischen den beiden Kunststoffplatten 4, 5 gebracht wird. Dabei ist, wie für dieses Verfahren erforderlich, die Kunststoffplatte 4 für die Laserstrahlung transmittierend und die Kunststoffplatte 5 absorbierend ausgebildet. Der Laserstrahl 2 wird relativ zu der Maske 3 bzw. den Kunststoffplatten 4, 5 kontinuierlich bewegt, so daß die Kunststoffplatten 4, 5 in dem Fügebereich 6 direkt unter der Laserlinie 8 in einen schmelzflüssigen Zustand gelangen und anschließend nach der Abkühlung verfestigen. Der schat-

tierte Fügebereich 6 stellt die bereits entstandene Schweißverbindung infolge der Durchstrahlung der Maske 3 durch die Öffnung 9 dar.

**[0018]** In Figur 1 ist die Maske 3 zu der Kunststoffplatte 4 zum Zweck der Darstellung mit Distanz dargestellt. Wie aus Figur 4 ersichtlich, werden die Kunststoffplatten 4 bzw. 5 und die Maske 3 durch eine im einzelnen nicht dargestellte Spannvorrichtung, die zwei stabile ebene Platten 11, 12 umfaßt, zusammengepreßt. Dies wird dann als eine komplette Einheit entweder unbeweglich fixiert oder auf einem nicht dargestellten Lineartisch befestigt. Eine andere Möglichkeit ist in der Figur 6 dargestellt und im Zusammenhang mit dieser diskutiert. In Figur 4 ist die obere Platte 11 aus einem Quarz- und Saphirglas oder auch aus einer Kunststoffplatte hergestellt, die sowohl die Laserstrahlung als auch die Wärmestrahlung bis zu Wellenlängen von 2,5 µm bzw. 8 µm durchlassen. Diese Spannvorrichtung sorgt dafür, daß die miteinander zu verschweißenden Kunststoffplatten 4, 5 gut aufeinander thermisch kontaktiert sind und während des Schmelzvorganges durch die Laserstrahlung wegen der Wärmeausdehnung der Schmelze mit vorhandenem Fügedruck zusammengehalten werden. Die hohe Transmission der oberen Spannplatte 11 im Infrarotbereich ermöglicht die Temperaturerfassung in dem Fügebereich 6, so daß der Schweißprozeß optimal gesteuert werden kann.

**[0019]** In Figur 2 ist der flächige Schweißvorgang genauer dargestellt. Der vorhangartige Laserstrahl 2 bestrahlt die Fläche 8 durch die Öffnung 9 der Maske 3. Durch die Erwärmung des Materials entlang der Laserlinie 8 entsteht ein Ausbreitungsbereich 10, der nachfolgend in Verbindung mit der Darstellung der Lichtintensität 1 im Kreis 13 näher erläutert wird. Der Pfeil 14 deutet die Bewegungsrichtung des Laserstrahls 2 an. Die Geometrie der Schweißzone wird allgemein durch die Faktoren Schweißvorgang, Schmelztiefe, Bestrahlungszone, thermische Diffusionseigenschaft des Fügematerials und die verwendete Laserleistung bestimmt. Die Ausbreitung der Schmelzes sowie die Parameter a und b in Figur 2 sind in der Regel physikalisch erklärbar. Für einen Schweißvorgang mit der Laserleistung P (Watt) und Geschwindigkeit v (m/sec) sind mit den Ausbreitungsparametern a bzw. b über die folgende Schweißbedingung (vergleiche "CO<sub>2</sub> Laser Welding of Polymers", W.W. Duley & R.E. Mueller, Polymer Engineering and Science, Vol. 32, No. 9, P-P 582-585 (1992)) verbunden:

$$a, b \sim \frac{P}{v d \rho c_p T_m}$$

wobei ρ die Dichte des Fügematerials (kg m<sup>-3</sup>), c<sub>p</sub> die Wärmekapazität (J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), d die Schmelztiefe (m) und T<sub>m</sub> die Schmelztemperatur (K) sind, d.h. eine kontrollierbare Schmelzausbreitung ist durch die Optimierung von Laserleistung P, Bewegungsgeschwindigkeit v und

Schmelztiefe d zu erreichen.

**[0020]** In Figur 3 ist ein vergrößerter Ausschnitt für eine feine Strukturierung, beispielsweise für Elemente der Mikrotechnik und Mikrosystemtechnik, und die Ausbreitung der Schmelze dargestellt. Wie weit die Struktur 15 von der Maske 3 abgedeckt werden muß, ist von den verwendeten Kunststoffmaterialien und den optimierten Schweißparametern P und v abhängig. Auf jeden Fall muß sichergestellt werden, daß keine Schmelze in die schweißnahtfreie Zone 15 gelangt, da anderenfalls die Funktion des Teils nicht mehr gewährleistet ist. Die übermäßige Abdeckung c zwischen der schweißnahtfreien Zone 15 und dem Rand der Öffnung 9 der Maske 3 ist notwendig, da die Ausbreitung des Schmelzes nicht durch die Prozeßoptimierung völlig ausgeschlossen werden kann. Als Regel, die beim Maskendesign eingehalten werden muß gilt  $c \geq 2 a, b$ .

**[0021]** Untersuchungen mittels eines Diodenlasers von 25 W Leistung, der Laserstrahlen mit einer Wellenlänge von 940 nm erzeugt, die gut geeignet für die meisten Kunststoffmaterialien ist, und dem Kunststoffmaterial Polycarbonat (PC) haben ergeben, daß gute Ergebnisse hinsichtlich des Schmelzverhaltens erzielt werden können. So wurden Kanäle mit einer Breite von 1,2, 1,0 und 0,8 mm, die durch eine Maske zugedeckt wurden, mit zunehmender Bestrahlungsenergie durch die Schmelze, die von der Schweißzone nach außen fließt, überschwemmt. Es ist noch zu erwähnen, daß sich die Schmelze sowohl bei der durch die Maske 3 begrenzten Kante als auch bei der eigenen Linienkante des Laserstrahls 2 gleichmäßig nach außen ausbreitet. Eine Optimierung mit dem Ziel, daß sich die Maskenstruktur scharf auf der gewünschten Schmelzzone ausbildet, kann dadurch erzielt werden, daß genügend Wärmeenergie innerhalb einer kurzen Taktzeit auf die Schmelzzone gebracht wird. Dies bewirkt, daß die flüssige Schmelze nach der Laserbestrahlung anschließend sofort abkühlt und verfestigt wird, bevor sie anfängt zu fließen. Es ist daher darauf zu achten, daß in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Leistung der Laserquelle eine möglichst kurze Bestrahlungszeit, d.h. eine möglichst hohe Relativgeschwindigkeit zwischen Laserstrahl und Maske mit Werkstücken eingestellt wird, wobei selbstverständlich die Leistung ausreichen muß, zumindest einen Schmelzvorgang einzuleiten.

**[0022]** Figur 5 zeigt schematisch eine Möglichkeit, die es erlaubt, durch eine zusätzliche Strukturierung die Ausbreitung der flüssigen Schmelze zu leiten oder zu stoppen. In Figur 5a ist nur die Maske 3 sowie die Kunststoffplatten 4, 5 in einer anpreßfreien Situation dargestellt, wobei eine der Platten - im Ausführungsbeispiel die Platte 4 - angrenzend an die freie Struktur 15 eine zusätzliche Strukturierung in Form eines Vorsprungs 16 aufweist. Der Vorsprung 16 steht gegenüber der Unterseite 17, die mit der Oberseite der Kunststoffplatte 5 die Kontaktfläche bildet, hervor. Der Rand der Öffnung 9 in der Maske 3 deckt sich mit dem Fügebereich 6, der an dem Vorsprung 16 endet. In Figur 6b werden die zu v r-

bindenden Kunststoffplatten 4, 5 mit den Spannplatten 11, 12 eng zusammengepreßt, wobei die Maske 3 in der oberen Spannplatte 11 integriert ist. Dadurch entsteht angrenzend an den Vorsprung 16 ein dünner Luftschlitz 18. Sobald der Fügebereich 6 durch den Laserstrahl beleuchtet ist, wird die flüssige Schmelze in diesen Luftschlitzraum 18 umgeleitet, da dort der Druck viel niedriger als an der Berührungsfläche 19 zwischen dem Vorsprung 16 und der Oberseite der Kunststoffplatte 5 ist. Dadurch kann gezielt das unerwünschte Eindringen der Schmelze in den Freiraum 15 verhindert werden.

**[0023]** Figur 6 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung mit einem um eine Achse 20 parallel zur Kontaktfläche 7 angeordneten Spiegel 21. Der Spiegel 21, der mittels eines Antriebs 22 sehr schnell verstellt werden kann, bewirkt die Bewegung des Laserstrahls 2 über die Maske 3. Dieses Verfahren und diese Vorrichtung erlauben eine hohe Strahlungsgeschwindigkeit und Taktzeit, ohne daß aufwendige Bewegungsmechanismen, z.B. Lineartisch, erforderlich sind. Hierzu wird die Laserquelle 1 ebenfalls oberhalb der Fügepartner angeordnet und ein vorhangähnlicher Laserstrahl 2, wie bereits in Figur 1 dargestellt, mit einer geringen Linienbreite erzeugt. Dies erfolgt derart, daß die sog. schnelle axiale Richtung der von einem Halbleiterlaser erzeugten Strahlen kollimiert und in der sog. langsamen axialen Richtung die Strahlen mit kleinem Divergenzwinkel umgeformt werden. Die maximale Länge der Laserstrahllinie in der Kontaktfläche 7 ergibt sich aus der maximalen Länge des Fügebereichs. Durch die Veränderung des Arbeitsabstandes kann die Länge dieser Laserlinie 8 an die Länge des Fügebereichs 6 angepaßt werden. Durch Änderung der Leistung der Laserquelle erfolgt dann eine Anpassung an die minimale erforderliche Schmelztemperatur. Durch die Verwendung eines Laserstrahls 2 mit einem länglichen Querschnitt über die gesamte Entfernung zwischen Laserquelle 1 und Kontaktfläche 7 kann auf einfache Weise eine Anpassung an veränderte Abmessungen der zu verschweißenden Fügebereiche 6 vorgenommen werden.

**[0024]** Um eine möglichst große Genauigkeit zu erzielen, wird der Spiegel mittig über der Maske 3 oder der Öffnung 9 in der Maske 3 angeordnet. Wie in Figur 6b dargestellt, ist das Ergebnis ausreichend genau, wenn die Bedingung

$$b \gg \frac{a}{2 \tan \alpha}$$

erfüllt ist, wobei b die Entfernung zwischen Kontaktfläche 7 und Spiegel 21, a die Länge des Fügebereichs und  $\alpha$  der halbe Spreizwinkel sind. Damit sind dieses Verfahren und diese Vorrichtung sowohl für kleine als auch größere Strukturen einsetzbar.

**[0025]** In den beschriebenen Ausführungsbeispielen werden Laserstrahlen mit einer Wellenlänge von 0,7 - 10,6  $\mu\text{m}$  eingesetzt.

# Patentansprüche

1. Laserfügeverfahren zum Verbinden von verschiedenen Werkstücken (4, 5) aus Kunststoff oder Kunststoff mit anderen Materialien, wobei das obere der Laserquelle (1) zugewandte Werkstück (4) aus einem für den Laserstrahl (2) transparenten Material und das zweite Werkstück (5) aus einem für den Laserstrahl (2) absorbierenden Material besteht, so daß die aneinander angrenzenden Kontaktflächen (7) der beiden Werkstücke (4, 5) aufschmelzen und bei der anschließenden Abkühlung unter Druck sich miteinander verbinden, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen der Laserquelle (1) und den zu verbindenden Werkstücken (4, 5) zur Verbindung der Werkstücke in einem bestimmten Fugebereich (6) der Kontaktfläche (7) eine Maske (3) aus einem laserundurchlässigen Material angeordnet wird, deren Strukturen (9) größer sind als die verwendete Wellenlänge des Laserstrahls (2), die Laserquelle (1) derart auf die Kontaktfläche (7) eingestellt wird, daß an dieser eine Linie (8) entsteht, und der Laserstrahl (2) und die Maske (3) zusammen mit den Werkstücken (4, 5) oder der Laserstrahl (2) zusammen mit der Maske (3) und den Werkstücken (4, 5) bewegt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Laserstrahl (2) senkrecht über den Fugebereich (6) der Kontaktfläche (7) angeordnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Fügen der zu verbindenden Werkstücke (4, 5) ein zusätzlicher Fügedruck aufgebracht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß angrenzend an den Fugebereich (3) mindestens ein Werkstück (4, 5) in Richtung des anderen Werkstücks (5, 4) einen Vorsprung (16) aufweist, so daß beim Zusammenpressen die beiden Werkstücke (4, 5) zwischen der zu verbindenden Kontaktfläche (7) und dem Vorsprung (16) ein Hohlraum (18) entsteht.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Relativgeschwindigkeit zwischen der Laserquelle (1) und den Werkstücken (4, 5) in Abhängigkeit von der maximalen Laserleistung, die zur Erreichung der erforderlichen Schmelztemperatur notwendig ist, möglichst hoch gewählt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Linibreite im wesentlichen gleich der Breite des Fugebereichs gewählt wird.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der linienförmige Laserstrahl (2) durch mindestens einen Halbleiterlaser erzeugt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge der Laserlinie (8) durch den Abstand der Laserquelle (1) von der Kontaktfläche (7) und entsprechender Anpassung der Laserleistung für die erforderliche Schmelztemperatur eingestellt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Breite des Laserstrahls (2) bei Abstandsänderung der Laserquelle (1) von der Kontaktfläche (7) im wesentlichen konstant gehalten wird.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl (2) und der Kontaktfläche (7) durch einen um eine parallele Achse (20) zur Kontaktfläche (7) schwenk- oder drehbaren Spiegel (21) erzeugt wird.
11. Vorrichtung zum Verbinden von verschiedenen Werkstücken (4, 5) aus Kunststoff oder Kunststoffe mit anderen Materialien mittels Laserstrahlen, wobei das obere der Laserquelle (1) zugewandte Werkstück (4) aus einem für den Laserstrahl (2) transparenten Material und das zweite Werkstück (5) aus einem für den Laserstrahl (2) absorbierenden Material besteht, so daß die aneinander angrenzenden Kontaktflächen (7) der beiden Werkstücke (4, 5) aufschmelzen und bei der anschließenden Abkühlung unter Druck sich miteinander verbinden, **gekennzeichnet durch** eine Laserquelle (1) und eine Maske (3) aus einem laserundurchlässigen Material zwischen den zu verbindenden Werkstücken (4, 5), wobei die Strukturen (9) der Maske größer sind als die verwendete Wellenlänge des Laserstrahls (2), die Laserquelle (1) derart auf die Kontaktfläche (7) eingestellt ist, daß an dieser eine Fokuslinie (8) entsteht, und einer Einrichtung (21, 22) zur kontinuierlichen Relativbewegung des Laserstrahl (2) und der Werkstücke (4, 5) zueinander.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Laserstrahl (2) senkrecht über den Fugebereich (6) der Kontaktfläche (7) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Spannvorrichtung (11, 12) zum Verspannen der zu verbindenden Werkstücke (4, 5) zusammen mit der Maske (3) vor dem

Fügen vorgesehen ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der linienförmige Laserstrahl (2) durch mindestens einen Halbleiterlaser erzeugt wird. 5
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Laserquelle (1) einen Laserstrahl (2) mit einem länglichen Querschnitt entsprechend der erforderlichen Breite abgibt, den ein um eine zur Kontaktfläche (7) parallele Achse (20) schwenk- oder drehbarer Spiegel (21) umlenkt, der über der Maske (3) angeordnet und mittels eines Antriebs (22) betätigbar ist. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

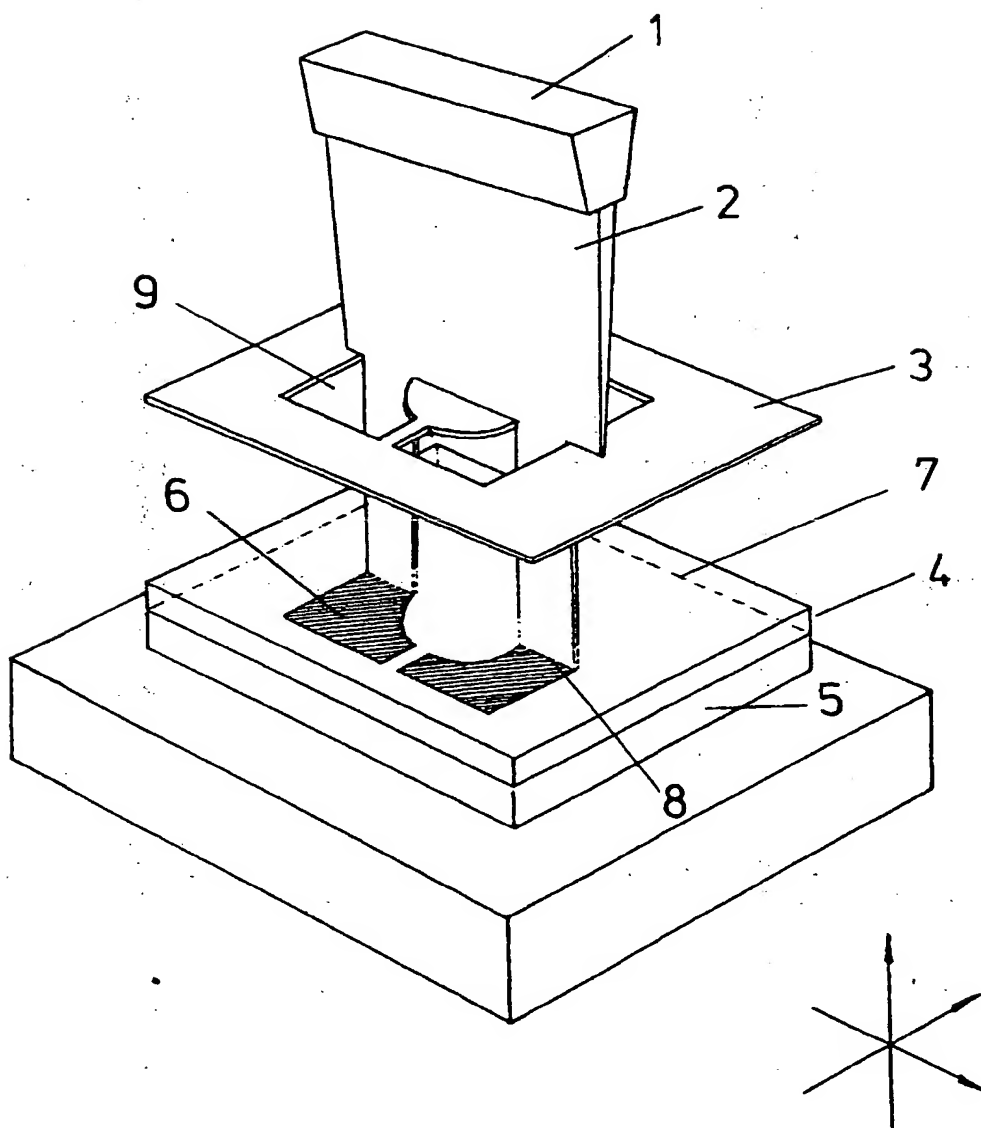


Fig. 1

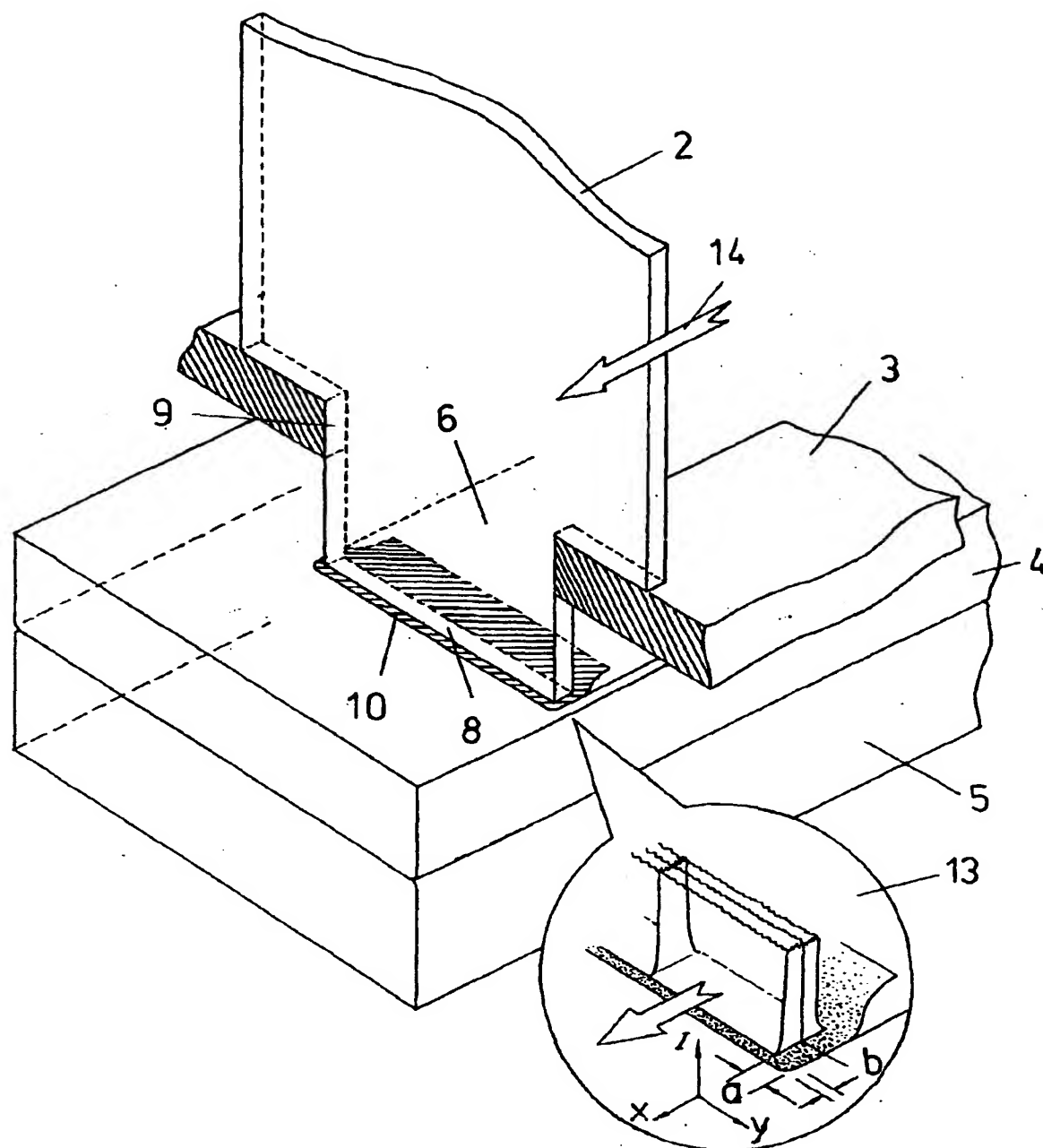


Fig. 2

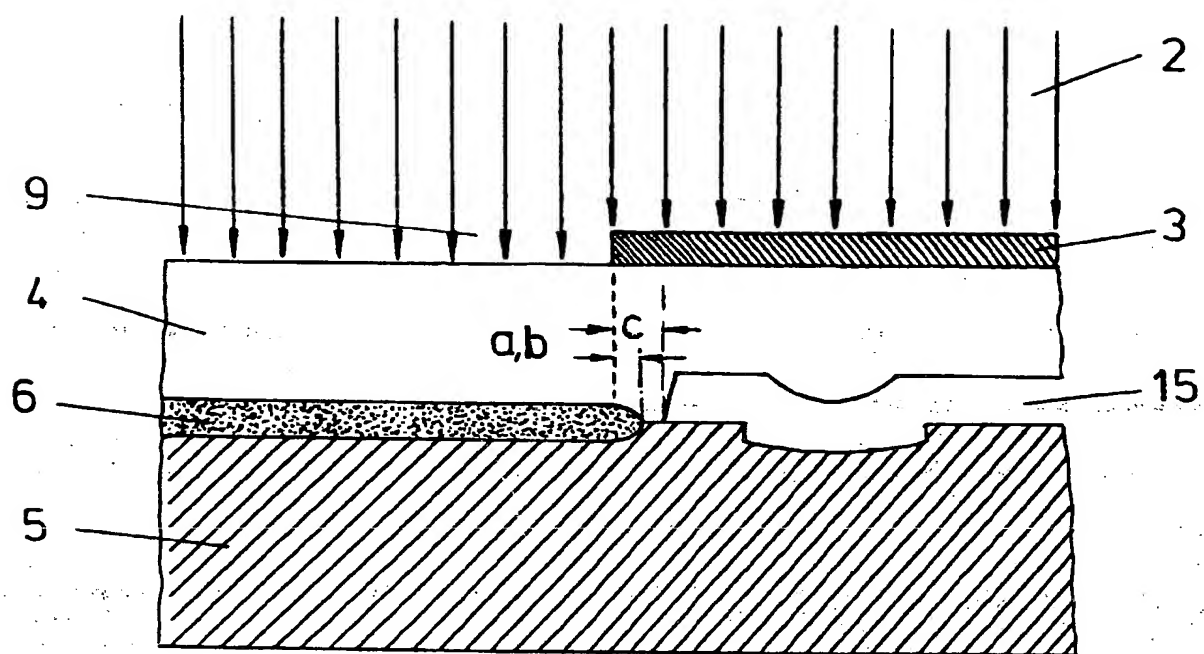


Fig. 3



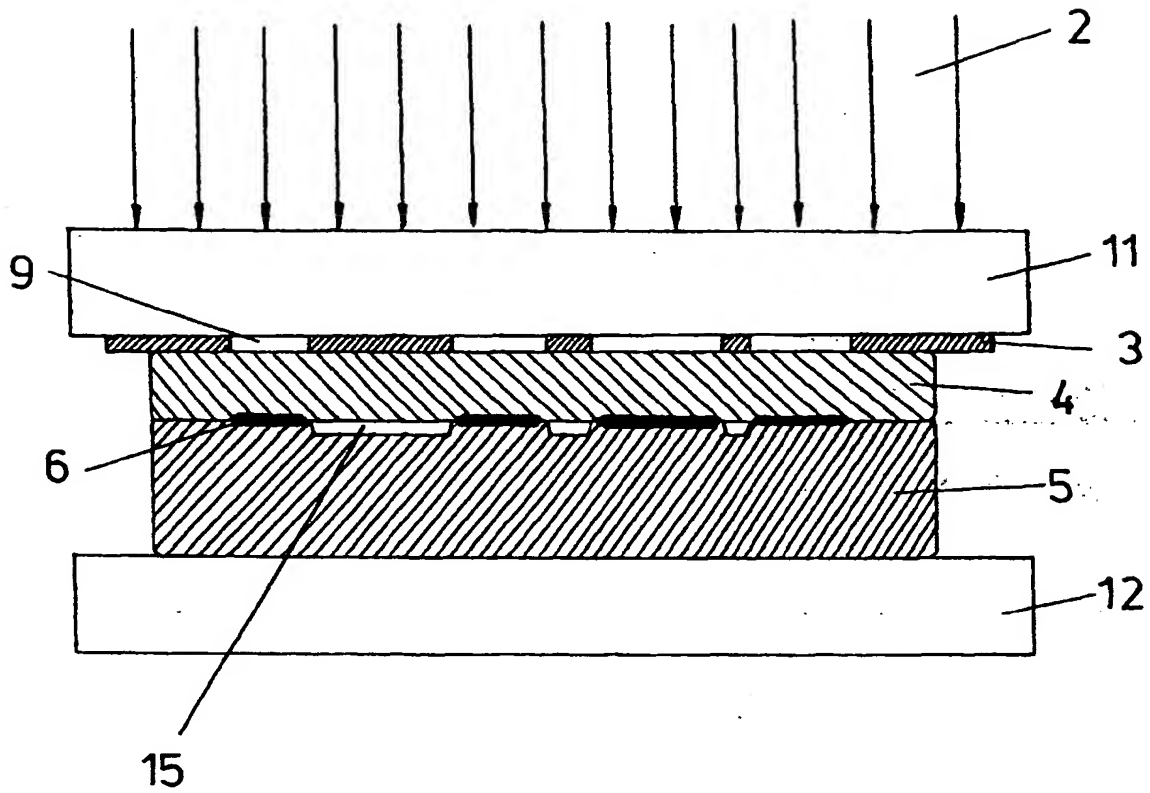


Fig. 4

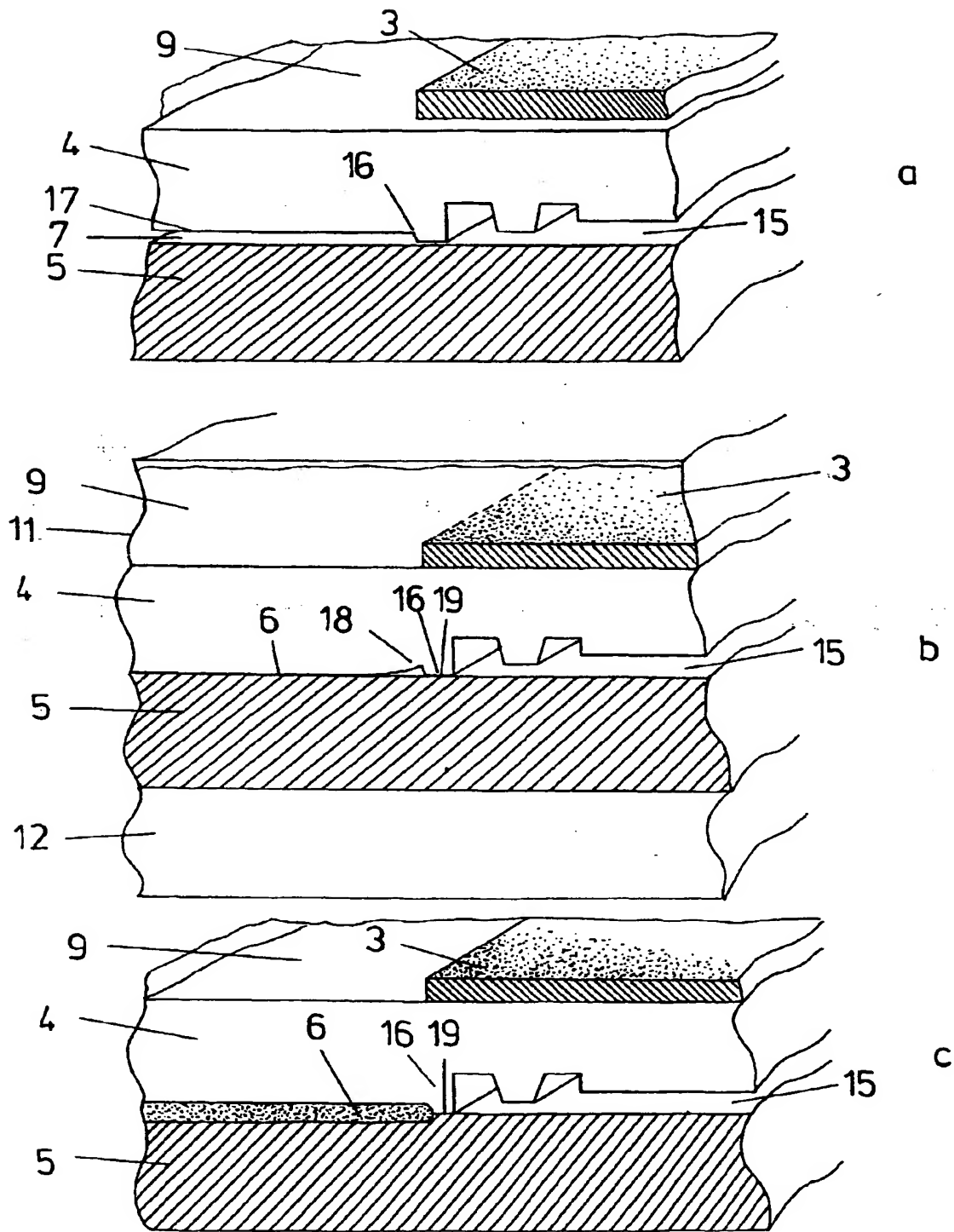
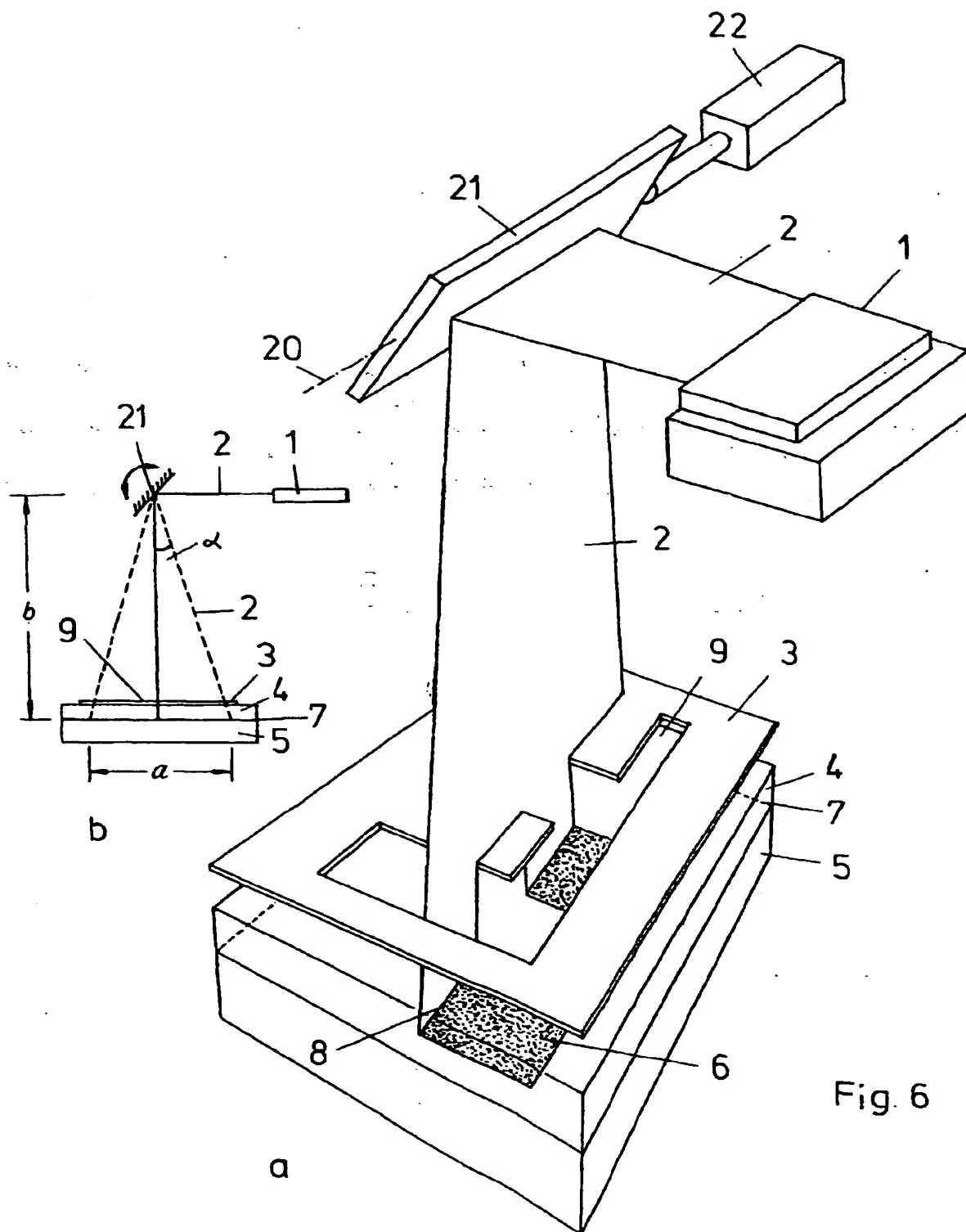


Fig.5







Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 10 1816

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 472 850 A (FMC CORP) 4. März 1992 * Spalte 2, Zeile 22 - Spalte 3, Zeile 4 *	1-15	B29C65/16 B29C65/14 B23K26/06
A	US 5 279 693 A (ROBINSON JOHN P ET AL) 18. Januar 1994 * Spalte 5, Zeile 52 - Spalte 6, Zeile 31 *	1-15	
A	POTENTE H ET AL: "LASERSCHWEISSEN VON THERMOPLASTEN" PLASTVERARBEITER, Bd. 46, Nr. 9, 1. September 1995, Seiten 42-44, 46, XP000535361	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B29C B23K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>MÜNCHEN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>29. Juni 1999</b>	Prüfer <b>Clarke, A</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur	

EPO FORM 1503 03/88 (P4/C20)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 10 1816

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-06-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0472850	A	04-03-1992	US 5049720 A	17-09-1991
US 5279693	A	18-01-1994	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

